

Tartu Ülikool  
Psühholoogia Instituut

Liine Jänes

TOIMIMISOTSUSE VARJAMISE  
NEUROKORRELAATIDE UURIMINE EEG MEETODIGA

Seminaritöö

Juhendaja: Talis Bachmann, PhD

Läbiv pealkiri: Toimimisotsuse varjamise neurokorrelaadid

Tartu 2012

## ***KOKKUVÕTE***

Tänapäevastes psühholoogilistes ja neuroteaduslikes uuringutes on kujunenud aktuaalseks vaba tahte neurofüsioloogiliste korrelaatide uurimine. Eriti Libeti et al. (1983) tulemused sellest, et tegevuse valmisolekupotentsiaal (*readiness potential – RP*) algab varem, kui inimesed endale selle tegevuse kavatsust teadvustavad, on viinud rohketele aruteludele vaba tahte üle. Käesoleva urimuse eesmärgiks oli teada saada seda, kas inimestel on võimalik teadlikult ning tahtlikult valmisolekupotentsiaali mõjutada. Tulemustest selgus, et valmisolekupotentsiaali algusaeg on sõltuv sellest, kas inimesed proovivad oma toimimisotsust varjata või mitte. Seega on inimesel võimalik teadlikult ning tahtlikult valmisolekupotentsiaali mõjutada. Nii, nagu Libeti (1985) idee “vetostamisest”, et inimese vabal tahtel on roll otsuste langetamisel, leidsime ka meie oma tulemustes seda, et inimesel on võimalik valmisolekupotentsiaali mõjutada. Seega tekib küsimus, kas valmisolekupotentsiaal ütleb meile üldse midagi otsuste langetamise protsessi kohta või isegi selle protsessi ajalise kulgemise kohta.

## ***ABSTRACT***

A Mayor topic in today’s psychological and neuroscientific research is free will and it’s neurophysiological correlates. The famous results by Libet et al. (1983), in particular, about the earlier onset of the readiness potential than the conscious will to act, have urged a range of experimental studies and discussions about the true role of free will in decisions and actions. Although the readiness potential (RP) is generally considered as a marker of the preparation of voluntary acts, it is not clear if or how much this measure can be manipulated consciously by the subjects. The aim of our study was to find out if and in which way subjects can suppress the readiness potential if the task is to hide their intentions. We found that if subjects try to hide their intention to act, the onset time of the readiness potential was significantly shorter than in condition where subjects didn’t have to hide their intentions. This result shows that people are well capable of manipulating a measure that has often been interpreted as a marker of already formed intention. Thus the question emerges if the onset time of the readiness potential truly tells us anything about the process or even the time of the formation of intentions.

## ***SISSEJUHATUS***

Antud seminaritöö eesmärgiks on uurida inimese toimimisotsuse varjamise neurokorrelaate EEG meetodiga.

Tänapäevastes psühholoogilistes ja neuroteaduslikes uuringutes on kujunenud aktuaalseks vaba tahte neurofüsioloogiliste korrelaatide uurimine. Inimese vaba tahte üle on mõtiskletud nii filosoofilistes kui teaduslikes ringkondades ning üritatud jälile jõuda, kas tahe on ikkagi vaba. Seda seepärast, et vaba tahe on erinevates valdkondades väga olulises kohal, näiteks juriidiliselt on tähtis otsustada selle üle, kas inimene vastutab enda tegude eest, samuti on see kõneainet pakkunud filosoofide hulgas (Hume, 1748; Descartes, 1641). Ka neuroteadustes on palju uuritud seda, millised on vaba tahte neurokorrelaadid ja kuidas ta ajuaktiivsuses peegeldub (Libet, Gleason, Wright, Pearl, 1983; Haynes, Soon, Brass, Heinze, 2008; Matshuhashi, Hallett, 2008).

Kõige kuulsam katse, mis on inimese vaba tahet uurinud on niinimetatud “Libeti katse” (Libet et al. 1983). See katse on tekitanud väga palju diskussiooni ja tõsiseid arutelusid vaba tahte üle, kuna ta leidis väga intrigeerivaid tulemusi. Nimelt leidsid Libet et al. (1983), et vabatahtlikult tehtava liigutuse ettevalmistus algab juba enne seda, kui katseisikud ise teadvustab, et ta liigutust teha soovib. Libet et al. (1983) näitasid oma katseisikutele kella numbrilauda meenutaval skaalal ringjoont pidi liikuvat täppi. Katseisik pidi märkama ja meelde jätma liikuva täpi positsiooni numbrilaua täpselt sel hetkel, mil tal tekkis soov toimingut sooritada. Katse vältel registreeriti ka aju biopotentsiaale. Juba selleks ajaks oli hästi teada, et enne vabatahtlikku liigutust on EEG-ga mõõdetav aeglane negatiivne langus, mis algab umbes 1 sekund enne liigutuse teostamist (Deecke, Scheid, Kornhuber, 1969). Seda elektrofüsioloogilist markerit nimetatakse valmisolekupotentsiaaliks (*readiness potential – RP*). Libet et al. (1983) leidsid, et valmisolekupotentsiaal algab varem, kui katseisikud ise teadvustasid, et nad tahavad liigutust teha.

Väga paljud katsed on suutnud korrata Libeti et al. (1983) tulemusi. Näiteks Haynes et al. (2008) jõudsid oma läbiviidud fMRI uuringus järeldusele, et teadvustatud otsus teha liigutus, tehti umbes sekund enne tegelikku liigutust, kuid uurijad avastasid, et ajuaktiivsuse mustrid näisid ennustavat seda tegevust ette 7 sekundi võrra. Nagu tulemustest selgus, siis pikalt enne

seda, kui katseisikud üldse olid teadlikud oma otsusest, oli nende aju juba otsustanud (Haynes et al., 2008, Smith, 2011 kaudu).

Haggardi (2011) sõnul kinnitavad seni läbiviidud uurimused seda, et vähemalt mõningaid tegevusi – nagu näiteks sõrme liigutamist – on algatatud ja läbi viidud alguses alateadlikult ning alles hiljem liiguvad need edasi teadvusesse (Haggard, 2011). Igal juhul on õigustatud vaba tahte neuronaalsete korrelaatide edasine põhjalikum uurimine ning seeläbi ka Libeti et al. (1983) intrigeerivate tulemuste selgitamine ja edasi arendamine, kuna edasised teadusandmed võiksid saada aluseks põhimõttelistele muutustele filosoofilistes ja juriidilistes inimkäitumiste kontseptsioonides.

Libet et al. (1983) tulemused on tähtsad eelkõige sellepärast, et nad on niivõrd tugevas vastuolus meie endi tajuga sellest, kuidas me oma otsuseid langetame. Kui me oma kätt liigutame, siis tundub meile, et need oleme meie, kes on langetanud otsuse liigutust teha, kuid need tulemused näitavad, et see otsus on olemas juba enne, kui me seda endale teadvustame.

Libet et al. (1983) tulemusi oli töö ilmunise ajal raske uskuda ning siiani ei suudeta neid tulemusi väga hästi kokku viia meie endi arusaamaga vabast tahtest. Libeti eksperimendile (Libet et al. 1983) järgnes suur hulk töid (Haggard, 2011), mis üritasid tulemusi ümber lükata või täpsustada ja tõepoolest leiti, et vabal tahtel on siiski ka roll otsuste langetamisel – nimelt leiti, et inimesel on võimalik teadlikult nii-öelda “vetostada” juba langetatud otsus (Libet, 1985). See tähendab, et kuigi juba mingisugune käitumise ettevalmistus on alanud, siis võime me selle teadlikult ning vabatahtlikult alla suruda. Valmisolekupotentsiaal küll algatab teatud liigutuse ettevalmistuse, kuid see ei tähenda, et liigutus ilmtingimata toimuma peaks.

Ülevalpool kirjeldatu näitab, et vaba tahtega on ikkagi võimalik otsuseid ja tegusid mõjutada – sellest tulenevalt võib küsida, kas inimesed on suutelised ka valmisolekupotentsiaali muude (nt kognitiivsete) protsesside kaudu mõjutama.

Siiani ei ole katseisikud teadlikud olnud valmisolekupotentsiaali kontseptist ning nad on ülesannet lahendanud selles osas naiivsete subjektidena. Käesoleva töö eesmärgiks oligi uurida, kas katseisikud on suutelised valmisolekupotentsiaali peitma, ehk siis kas katseisikud on võimelised valmisolekupotentsiaali vabatahtlikult ning teadlikult mõjutama. Antud katses informeeriti katseisikuid valmisolekupotentsiaali kontseptist, paluti neil seda katse käigus varjata ja uuriti sealjuures valmisolekupotentsiaali muutusi. Muutuste uurimiseks valiti välja kaks mõõtu, mis kõige paremini kirjeldavad valmisolekupotentsiaali – algushetk ja

amplituud. Tulemuste suhtes tõstatati kaks hüpoteesi: 1) valmisolekupotentsiaal algab hiljem, kui katseisik üritab oma kavatsust varjata 2) varjamistingimuses on valmisolekupotentsiaal nõrgem, kui mittevarjamistingimuses.

## ***MEETOD***

### ***Üldine meetod***

Võrreldakse katseisikute ajuaktiivsust tingimuste vahel kui nad peavad vabalt käituma või siis üritama oma kavatsust EEG aparadi eest varjata.

### ***Katseisikud***

Katses osales kokku 6 isikut, 3 meest ning 3 naist vanuses 22-26, kes kõik olid katse läbiviija sõbrad/tuttavad. 5 katseisikut olid paremakäelised ning 1 oli vasakukäeline. Kõigil katseisikutel oli normaalne või normaalseks korrigeeritud nägemine. Kõik katseisikud andsid informeeritud nõusoleku katses osalemiseks ning saadud andmete kasutamiseks (Lisa 1).

### ***Katse disain***

Katseisikud jaotusid kahte eksperimentaalsesse gruppi. Esimeses grupis olevad 3 katseisikut tegid kõigepealt 3 plokki ilma et neile oleks pikemalt seletatud katse täpset eesmärki, pärast 3 ploki möödumist informeeriti katseisikuid valmisolekupotentsiaali kontseptist – neile öeldi, et nende toimimiskavatsust on võimalik EEG-st välja lugeda ning katseisikutel paluti üritada masina eest oma toimimisotsust varjata. Kuigi katseisikutele ei antud ette täpset strateegiat, kuidas oma tehtavat otsust varjata, juhendati katseisikuid, et välistatud on igasugused motoorsed meetodid.

Teises grupis olnud ülejäänud 3 katseisikut informeeriti kohe katse alguses katse täpsest eesmärgist ja paluti neil masina eest oma toimimisotsust varjata. Pärast 3 ploki möödumist paluti, et katseisikud lõpetaksid oma varjamisstrateegia ning toimiksid ilma selleta.

Seega läbis iga katseisik eksperimendi käigus 6 eksperimentaalset plokki. 1 plokk koosnes 40-st üksikkatsekorrast (vt. “Ülesanne ja aparatuur”) ning plokkide vahel olid pausid.

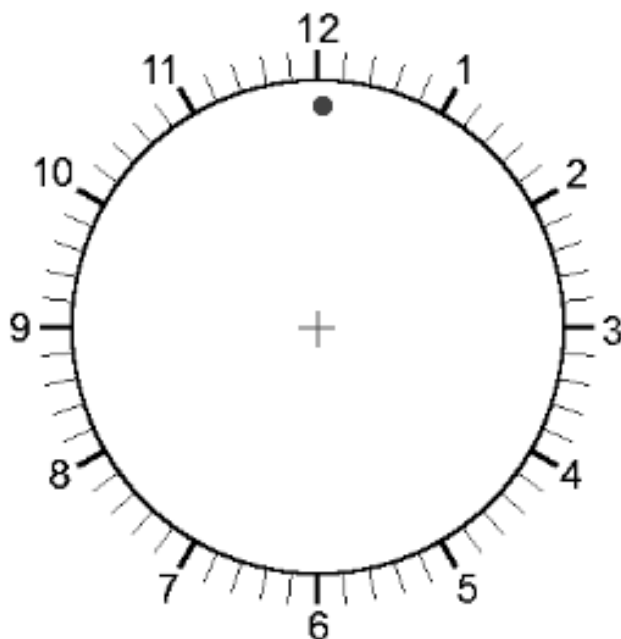
### ***Ülesanne ja aparatuur***

Kõik katsed viidi läbi eksperimentaalselt Tallinnas Tartu Ülikooli Teatri väljakul asuvas kognitiivse psühholoogia laboratooriumis. Igale katseisikule oli arvestatud 2 tundi, mis hõlmas nii katse ettevalmistamist, instruktsioone, nõusolekulehe allkirjastamist, EEG mõõtmist ning EEG aparadi lahti ühendamist.

Katseisikud istusid istusid hämaras toas 80 cm kaugusel arvuti monitorist. Ülesandeks oli klassikaline Libeti paradigma (Libet et al. 1983). Igal katsekorral ilmus ekraanile kella pilt, mille keskel oli fikatsioonirist (vt. Joonis 1). Kella suuruseks oli umbes 5 visuaalset nurgakraadi, mis on piisav selleks, et katseisikud ilma fikatsiooniristilt pilku pööramata kellapilti eristada suudaksid. Sümbolse seierina liikus kella sees 0,15 visuaalse nurgakraadi suurune punkt, mis läbis terve ringi 2,67 sekundiga. Katseisik pidi igal katsekorral fikatsiooniristi fikseerima ja samal ajal punkti asukohta kella skaala suhtes tähele panema. Katseisik võis igal hetkel teha omavoliliselt otsuse, kas vajutada klaviatuuril vastavat nuppu vasaku või parema käega. Pärast katseisiku nupuvajutust ilmus seier kella nullpunkti (kell 12) ja katseisik pidi klaviatuuri klahvide abil liigutama seieri vastavasse kohta kellal, kus seier oli sel hetkel, kui katseisik langetas otsuse liigutust teha. Kui katseisik oli kinnitanud oma otsuse aja vastava nupuvajutusega, ilmus ekraanile uuesti liikuv kell ja katseisik võis taas valitud hetkel uuesti paremat või vasakut kätt liigutada.

Katse oli programmeeritud *Python*-i programmeerimiskeeles, kasutades mitmeid funktsioone *VisionEgg* moodulist. Katses kasutatava monitori (Sun Microsystems, Inc., mudel CM751U) diameeter oli 19 tolli ja pildikuva sageduseks oli 100 Hz. Katseisikud andsid oma vastused standardsel arvutiklaviatuuril.

**Joonis 1.** Katses kasutatud stiimul



Pildil nähtav punkt tegi päripäeva ühe ringi 2,67 sekundiga. Katseisik pidi fikatsiooniristi fikseerides jälgima punkti asukohta, et määrata, millal otsus liigutuse tegemiseks langetati.

### **EEG mõõtmine**

Ajupotentsiaale mõõdeti Nexstim Eximia Elektroentsefalograafia (EEG) süsteemiga, 64 ühendusega elektroomütsiga (Nexstim Ltd., Helsinki, Finland). Referentselektrood, mille suhtes EEG'd mõõdeti oli paigutatud katseisikute lauba keskele. Andmeid koguti järgnevatelt elektroodidelt: F5, F6, C3, CZ, C4, P3, P4. Kahjuks olid mõnedel elektroodidel osade katseisikute puhul väga kehvad ühendused, seetõttu kasutati antud töös andmete analüüsimiseks elektroode C3 ja C4. Nendel elektroodidel olid kõik ühendused alla 5 k $\Omega$ . Mõõtmisagedus oli 1450 Hz, kõik signaalid filtreeriti riistvara põhise *bandpass* filtriga vahemikus 0.1-350 Hz. Silmaelektroodide abil registreeriti ka silmapilgutused ning muud silmaliigutused (vertikaalne elektrookulogramm).

### **EEG analüüs**

EEG andmed analüüsiti Matlab programmeerimiskeskkonnas, kasutades spetsiaalset *Fieldtrip*'i *toolbox*'i (<http://fieldtrip.fcdonders.nl>). Andmejadad lõigati kõigepealt katsekordadeks, kusjuures üks katsekord oli aeg 2 sekundist enne igat nupuvajutust kuni katseisiku nupuvajutuseni.

Signaalid filtreeriti 30 Hz *lowpass* filtriga. Kõik katsekorrad vaadati käsitsi üle ning võeti välja kõik artefaktidega katsekorrad, kusjuures artefaktideks olid silmapilgutused ja suuremad silmaliigutused ning sellised katsekorrad, kui antud katsekord oli kestnud alla 2 sekundi enne nupule vajutust. Mittevarjamise tingimuses tehtud katsekordadest jäi alles 44,2% ( $sd=24,4$ ) ning varjamise tingimuses tehtud katsekordadest jäi järgi 56,3% ( $sd=18,9$ ).

Kuna osadel katseisikutel langes liiga lühikeste katsekordade tõttu välja liiga palju katsekordi, otsustati moodustada iga katseisiku jaoks vaid kaks keskmist – esimese kolme ploki jaoks ning teise kolme ploki jaoks.

Kuna oldi huvitatud eelkõige valmisolekupotentsiaalidest, aga CZ elektrood, mida tavaliselt kasutatakse valmisolekupotentsiaali mõõtmiseks, ei olnud mitme katseisiku puhul saadaval, keskmistati C3 ja C4 signaal, et saada robustsem valmisolekupotentsiaal. Joonised 4.1 ja 4.2 näitavad iga katseisiku kohta tema keskmistatud EEG signaali.

Valmisolekupotentsiaali puhul oldi huvitatud kahest mõõdust – millal see mõlemas tingimuses algas ning milline oli valmisolekupotentsiaali amplituud igas tingimuses. Iga individuaalse valmisolekupotentsiaali alguspunktiks loeti see ajahetk, alates millest



negatiivne langus jätkus pidevalt ning enam-vähem ühtlaselt ning pärast mida ühtegi positiivset punkti enam polnud (vt. joonistelt 4.1 ja 4.2 märgistusjooni).

Samuti määrati iga individuaalse valmisolekupotentsiaali amplituud. Selle jaoks keskmistati alates valmisolekupotentsiaali alguspunktist signaal 50ms lõikude kaupa. Kõige kõrgemaks amplituudiks võeti kõige kõrgem 50 ms lõigu väärtus.

### ***Statistiline analüüs***

Nii käitumuslikud andmed kui ka EEG analüüsist saadud valmisolekupotentsiaali mõõdud analüüsiti programmeerimiskeskonnas R. Eksperimentaalsete efektide leidmiseks kasutati *mixed-design ANOVA*'t.

## ***TULEMUSED***

### ***Käitumuslikud tulemused***

Katseisikud said teha vabatahtlikku liigutust parema või vasaku käega. Keskmiselt vastati vasaku käega 51%, standardhälve oli 13%. Parema käega vastati keskmiselt 49%, standardhälve oli 13%.

Katseisikud võisid vabalt valida aja, millal nad nupuvajutuse teostavad. Keskmise aeg katsekorra algusest kuni nupuvajutuseni oli 3.92 sekundit ja standardhälve oli 3.37 sekundit. Kuna mõnel katseisikul oli rohkelt katsekordi, kus teostati nupuvajutus liiga kiiresti pärast katsekorra algust, siis eemaldasime järgnevate analüüside jaoks kõik katsekorrad, kus katseisik vastas kiiremini kui 2 sekundit. (Samuti eemaldasime andmetest kõik katsekorrad, kus otsustamiseaeg oli jäänud 0 peale – katseisik liikus kohe edasi järgmise katsekorra juurde, ilma kella õigesse punkti liigutamata).

Tabeli 1 teadliku otsuse aja tulbast võib näha vastavalt tingimusele, kui kaua enne nupule vajutamist katseisik teadvustab endale otsuse langetamist. Keskmiselt langetati otsus 153 ms enne nupuvajutust ning standardhälve oli 180 ms.

Järgmisena uuriti, kas eksperimentaalsetel faktoritel oli mõju teadliku otsuse langetamise ajale. Viidi läbi *ANOVA*, millel oli üks katseisiku sisene faktor (kavatsuse varjamine vs mittevarjamine) ja üks katseisikute vaheline faktor (varjamine katse esimeses pooles vs.

varjamine katse teises pooles). Katseisikute vaheline faktor “järjekord”, ei omanud süstemaatilist statistiliselt signifikantset efekti ( $F(1,4)=1.34$ ,  $p=0.31$ ). Katseisiku sisene faktor “varjamine vs mittevarjamine” ei omanud statistiliselt signifikantset efekti ( $F(1,4)=0.76$ ,  $p=0.43$ ). Interaktsioon järjekorra faktori ning varjamisfaktori vahel tuli esile tendentsina ( $F(1,4)=5.12$ ,  $p=0.09$ ). See marginaalne efekt on mõttekas kui arvestada, et erinevas järjekorragrupis olevad inimesed tegid varjamist erinevas järjekorras. Seega need tulemused, mis on esimesel grupil esimeses katsepooles, on konseptuaaselt samaväärsed tulemustega, mis on teisel grupil teises katsepooles ning vastupidi. Kui varjamise faktori asemel võtaksime faktoriks “esimene katsepool vs teine katsepool”, siis saaksime hoopis marginaalselt signifikantse efekti katsepoolte vahel. Esimeses katsepooles oli keskmine otsustusaeg 179 ms enne nupuvajutust, teises katsepooles oli keskmine otsustusaeg 147 ms enne nupuvajutust, seega tundub, et katseisikud teostasid nupuvajutuse katse käigus järjest kiiremini pärast otsuse langetamist.

**Tabel 1.** Iga katseisiku käitumuslikud ja EEG mõõdud vastavalt tingimustele

KI	Järjekord	Mittevarjamine (1) vs varjamine (2)	Valmisoleku- potentsiaali algus	Valmisoleku- potentsiaali amplituud ( $\mu V$ )	Teadliku otsuse aeg
1	1	1	-1.8	-12.88	0.06
1	1	2	-1.49	-16.05	0.04
2	1	1	0	0	0.04
2	1	2	0	0	0.04
3	1	1	-1.52	-13.79	0.12
3	1	2	-1.89	-7.16	0.09
4	2	2	0	0	0.50
4	2	1	-1.13	-6.79	0.55
5	2	2	-1.12	-6.49	0.13
5	2	1	-1.72	-10.69	0.19
6	2	2	1.12	-13.84	0.03
6	2	1	1.72	-14.98	0.06

Esimene tulp on katseisiku number. Teine tulp väljendab seda, mis järjekorras katseisikud katset sooritasid, 1 – kõigepealt mittevarjamine, siis varjamine, 2 – kõigepealt varjamine, siis mittevarjamine. Kolmandas tulbas on näha, kas katseisik vastavas plokis varjas või ei varjanud oma otsust, 1 – mittevarjamine, 2 – varjamine. Kaks eelviimast tulpa on valmisolekupotentsiaali mõõdud ning viimane tulp näitab inimese edastatud teadliku otsuse aega.

### *EEG tulemused*

Antud töös uuriti EEG andmetes kahte mõõtu – kas eksperimentaalsed faktorid mõjutavad valmisolekupotentsiaali algust ning kuidas eksperimentaalsed faktorid mõjutavad valmisolekupotentsiaali amplituudi. Mõlemad mõõdud on sõltuvalt tingimusest ka Tabelis 1 ära toodud.

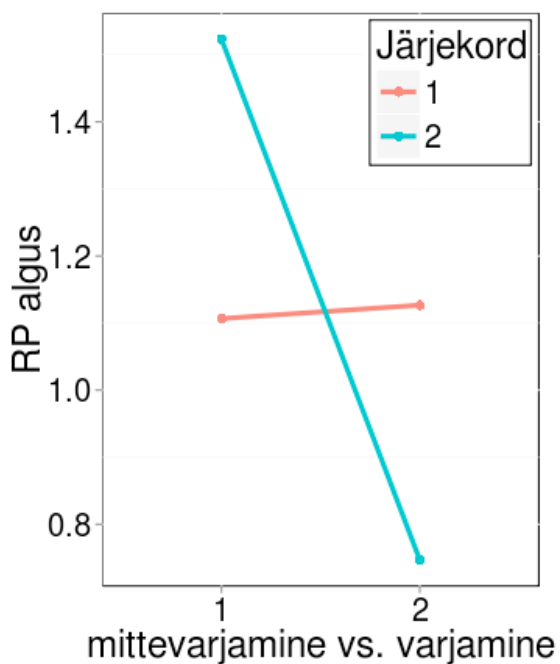
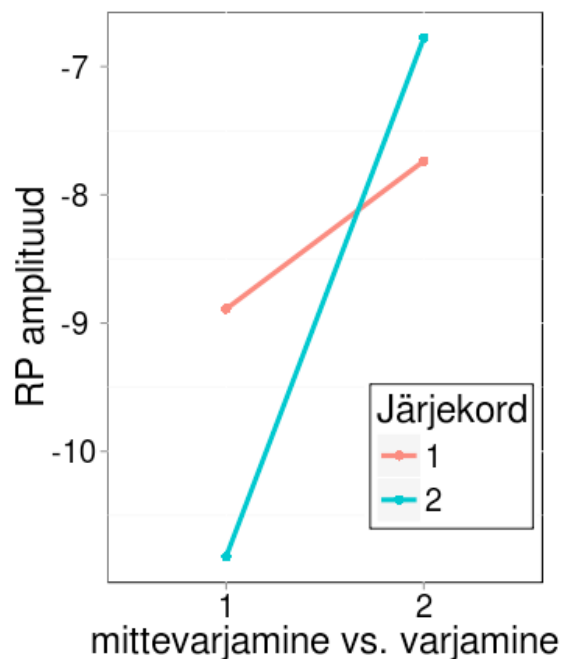
Katseisikul 2 ei olnud võimalik valmisolekupotentsiaali tuvastada, katseisikul 4 on ainult ühes tingimuses märgatav valmisolekupotentsiaal. Nendele katseisikutele pandi mõõduks nullid, et väljendada valmisolekupotentsiaali puudumist.

Teiste katseisikute puhul on näha, et kui valmisolekupotentsiaal oli olemas, siis on selgelt näha, et valmisolekupotentsiaal algab märgatavalt varem kui katseisiku poolt näidatud teadliku otsuse aeg. Seega on replitseeritud Libet et al. (1983) peamisi tulemusi. Kuigi valmisolekupotentsiaali algusajad on võrreldavad Libeti klassikalises töös olnud valmisolekupotentsiaali algusaegadega, mis algasid umbes 1 sekund või rohkem enne liigutust, siis tuleb täheldada, et katseisiku poolt teavitatud otsuselangetamise ajad on märgatavalt lühemad kui Libeti klassikalises töös (vt. Arutelu).

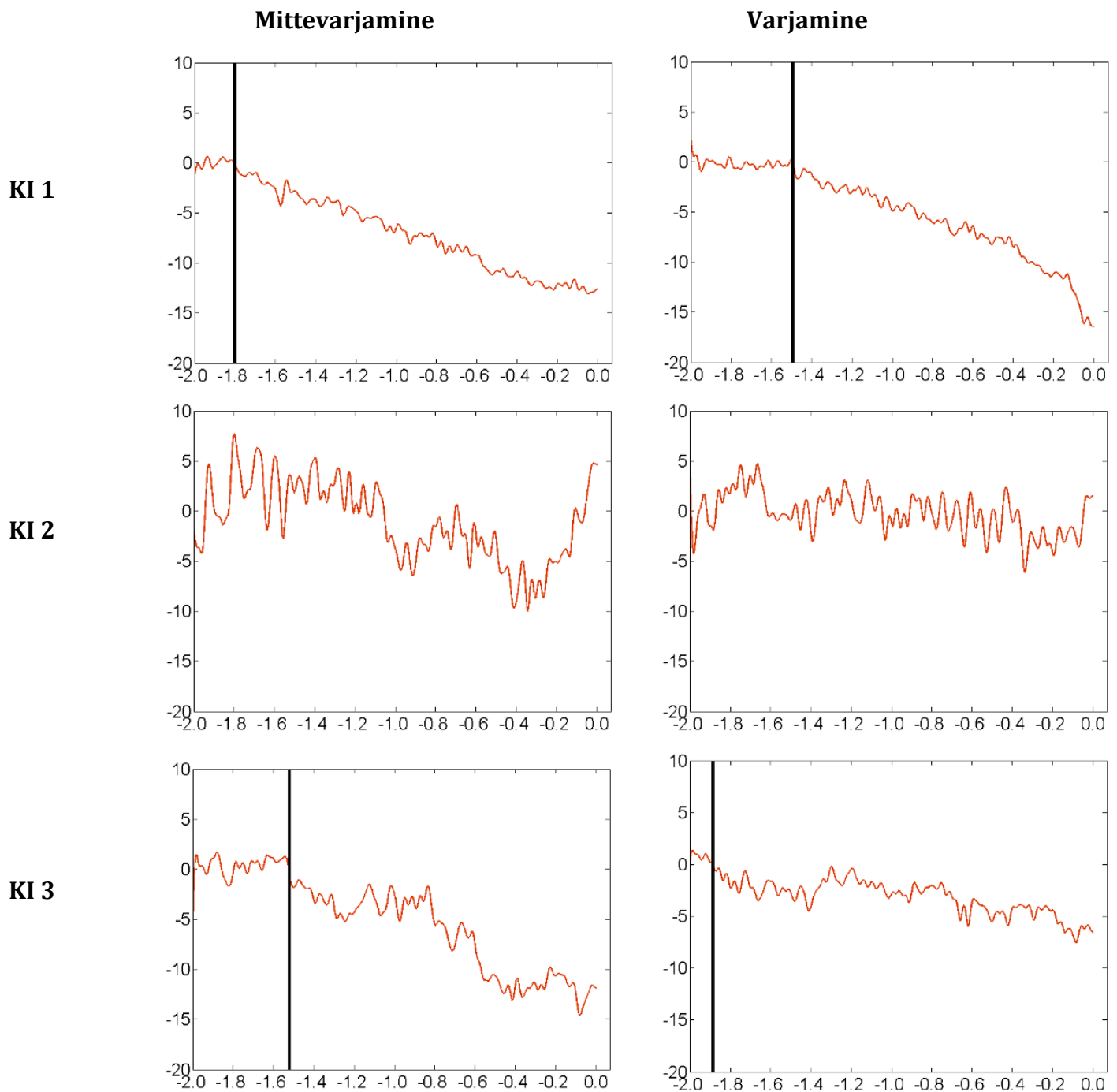
Järgnevalt uuriti, kas kaks mõõtu – valmisolekupotentsiaali algusaeg ja amplituud – sõltuvad katsetingimustest. Viidi läbi *ANOVA*, millel oli üks katseisiku sisene faktor (katse esimene ja teine pool) ja üks katseisikute vaheline faktor (varjamine katse esimeses pooles vs. varjamine katse teises pooles). Valmisolekupotentsiaali algusaja puhul – katseisikute vaheline faktor “järjekord”, ei omandanud statistiliselt signifikantset efekti ( $F(1,4)=0.00$ ,  $p=0.97$ ). Katseisiku sisene faktor “varjamine vs mittevarjamine”, oli statistiliselt signifikantne ( $F(1,4)=8.19$ ,  $p=0.04$ ). Valmisolekupotentsiaali algus oli süstemaatiliselt erinev varjamise ning mittevarjamise vahel, seda ainult teise grupi jaoks, kes tegid esimese poole katsest nii, et proovisid oma otsust varjata. Interaktsioon varjamisfaktori ning järjekorra faktori vahel oli signifikantne ( $F(1,4)=9.08$ ,  $p=0.03$ ) (Joonis 2). Antud analüüsis tuleb välja, et katseisikud suudavad tahtlikult strateegiat kasutades valmisolekupotentsiaali algusaega manipuleerida, seda aga ainult sel juhul, kui varjamine toimus katse esimeses pooles, mitte aga siis kui varjamine toimus katse teises pooles.

Valmisolekupotentsiaali amplituudi puhul – katseisikute vaheline faktor “järjekord”, ei omandanud statistiliselt signifikantset efekti ( $F(1,4)=0.00$ ,  $p=0.9$ ). Katseisiku sisene faktor “varjamine vs mittevarjamine”, ei omandanud statistiliselt signifikantset efekti ( $F(1,4)=2.45$ ,  $p=0.19$ ). Interaktsioon katsepoole ning järjekorra faktori vahel ei olnud signifikantne

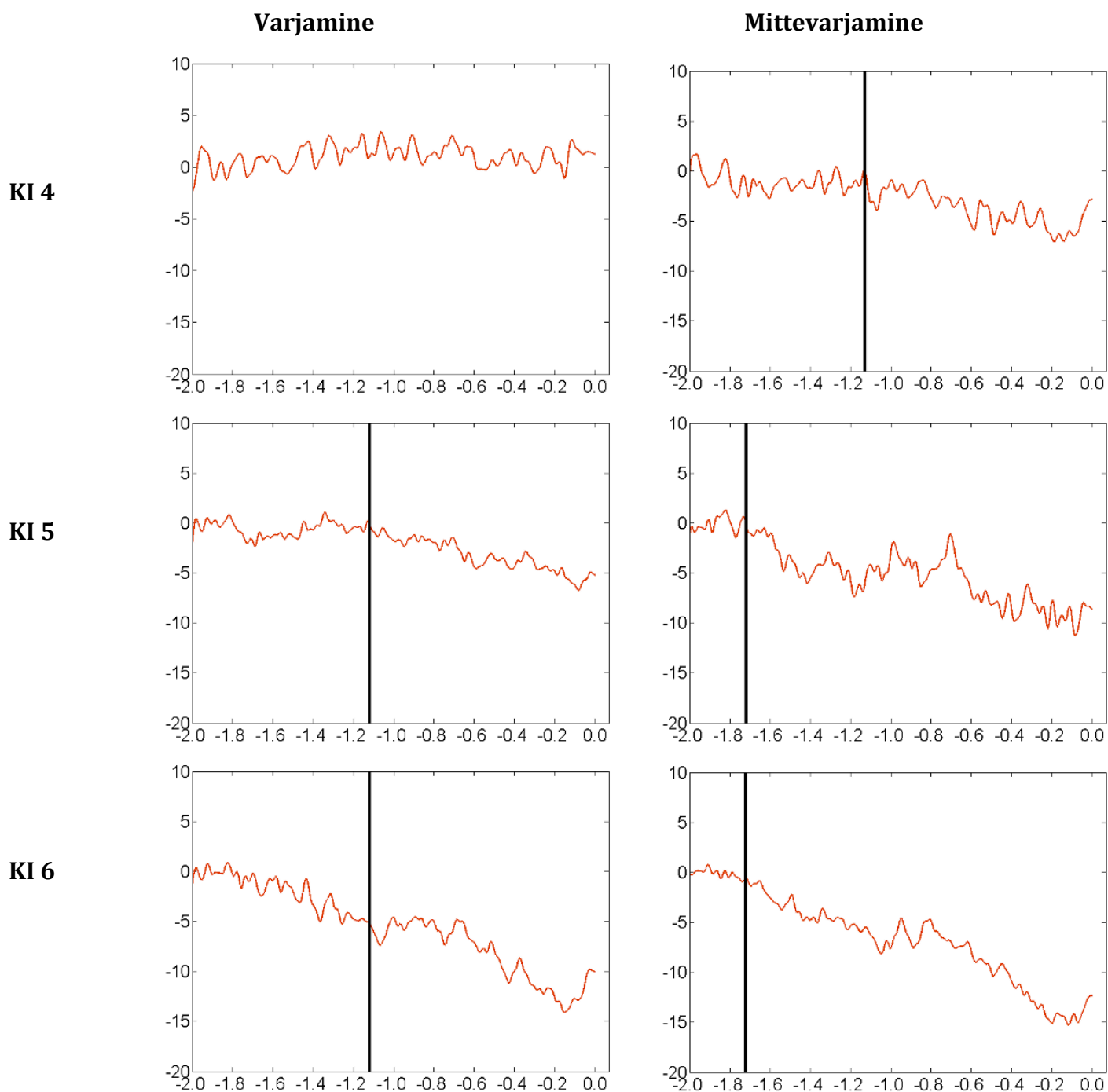
( $F(1,4)=0.75$ ,  $p=0.43$ ) (Joonis 3). Kuigi ükski väljatoodud efektidest ei olnud signifikantne, võib üksikisiku tulemusi vaadates siiski teatud tendentse täheldada – katseisikutel, kes oma kavatsust katse esimeses pooles varjasid (2. grupp), on läbivalt nõrgemad valmisolekupotentsiaali amplituudid mittevarjamistingimuses võrreldes varjamistingimusega. Võimalik, et see efekt ei tulnud välja väikse katseisikute arvu tõttu; kaasates analüüsidesse rohkem katseisikuid, on võimalik, et tuleb välja ka amplituudi sõltuvus katse tingimusest.

**Joonis 2****Joonis 3**

Joonistel 2 ja 3 on välja toodud valmisolekupotentsiaali algusaja ning amplituudi suhtes interaktsioonid varjamisfaktori ning järjekorra vahel.

**Joonis 4.1**

Joonistel on esitatud ühe tingimuse kolme ploki (120 katsekorra) keskmistatud tulemused. Esimeses tulbas mittevarjamise tingimuses ning teises tulbas varjamise tingimuses. Katsekorrad olid enne 0.1-30 Hz filtreeritud. Mustad jooned näitavad valmisolekupotentsiaali algusaega, nende puudumine tähendab, et valmisolekupotentsiaal ei olnud eristatav. Valmisolekupotentsiaali amplituudi on mõõdetud mikrovoltides ( $\mu\text{V}$ ), ning aega on mõõdetud sekundites (s).

**Joonis 4.2**

Joonistel on esitatud ühe tingimuse kolme ploki (120 katsekorra) keskmised tulemused. Esimeses tulbas varjamise tingimuses ning teises tulbas mittevarjamise tingimuses. Katsekorrad olid enne 0.1-30 Hz filtreeritud. Mustad jooned näitavad valmisolekupotentsiaali algusaega, nende puudumine tähendab, et valmisolekupotentsiaal ei olnud eristatav. Valmisolekupotentsiaali amplituudi on mõõdetud mikrovoltides ( $\mu\text{V}$ ), ning aega on mõõdetud sekundites (s).

## *ARUTELU JA JÄRELDUSED*

Käesoleva katse eesmärk oli teada saada, kas katseisikud suudavad tahtlikult ning teadlikult oma tehtavat otsust varjata. Katseisikud tegid vabatahtlikke otsuseid, märgates seejuures millistel hetkedel nad teadliku otsuse tegid, kahes tingimuses – proovides otsust varjata või käitudes vabalt. Osad katseisikud pidid varjama oma kavatsust katse esimeses pooles, osad katseisikud katse teises pooles.

Käitumuslikul tasemel leidsime, et üleüldiselt on aeg otsuse langetamisest nupuvajutuseni lühem katse teises pooles, kui katse esimeses pooles. Olenemata sellest käitumuslikust tulemusest, suutsime replitseerida klassikalist Libeti tulemust – nimelt algas valmisolekupotentsiaal läbivalt varem, kui katseisikud endale oma kavatsust teadvustasid.

Võrreldes valmisolekupotentsiaale varjamise ja mittevarjamise tingimuste vahel, leidsime, et kui katseisikud püüavad oma kavatsust varjata, siis algavad nende valmisolekupotentsiaalid signifikantselt hiljem, seda aga ainult nende katseisikute puhul, kes üritasid oma kavatsust varjata katse esimeses pooles (2. grupp). Seega leidsime küll tõestust oma esimesele hüpoteesile, et valmisolekupotentsiaal algab hiljem varjamistingimuses, ootamatu oli aga see, et efekt tuleb välja ainult ühes katsegrupis. Nende katseisikute, kes kõigepealt käitusid vabalt ning alles pärast seda pidid oma kavatsust varjama, ei olnud valmisolekupotentsiaalide algusajad süstemaatiliselt erinevad. Lisaks valmisolekupotentsiaali algusaegadele, huvitas meid ka valmisolekupotentsiaali amplituud. See mõõt ei näidanud statistiliselt signifikantset varieeruvust sõltuvalt meie eksperimentaalsetest tingimustest. Seega me ei leidnud kinnitust oma teisele hüpoteesile. Me eeldasime, et amplituud on nõrgem varjamistingimuses, kuid tundub, et amplituudil ei ole seost katsetingimustega. Võib aga olla, et amplituudi efektid ei tulnud välja ainult tänu väiksele katseisikute arvule.

Me üritasime käesolevas katses võimalikult paljudes punktides korrata Libeti et al. (1983) katset, varieerides ainult varjamis- vs mittevarjamistingimust. Sellegipoolest on meie katseisikute tulemused mitmes tähtsas punktis erinevad Libeti et al. (1983) tulemustest. Esiteks tuleb kindlasti täheldada, et ühel katseisikul me ei leidnud üldse valmisolekupotentsiaali antud tingimustes ning teisel katseisikul leidsime selle ainult ühes katsetingimuses. Kuigi esmalt mainitud katseisiku puhul on kõige ilmse põhjus selles, et

tema EEG signaalid olid väga tugeva alfa komponendiga ja muu müraga, mis võisid peita valmisolekupotentsiaali, jääb siiski märkimisväärseks see, et teisalt mainitud katseisikul oli ühes tingimuses selgelt eristatav valmisolekupotentsiaal ning ühes tingimuses seda ei olnud. Arvestades ülejäänud katseisikute tulemustega, oleme praegu seisukohal, et see, et üks katseisik ei näidanud üldse valmisolekupotentsiaali, on tingitud individuaalsetest eripärasdest ja/või mõõtmisvigadest. Katseisiku puhul, kes ainult ühes tingimuses ei näidanud valmisolekupotentsiaali, mis oli varjamistingimus, eeldame, et see katseisik oli erakordselt edukas oma kavatsuse varjamises.

Teine tähtis erinevus Libeti et al. (1983) tulemustest, on see, et meie katseisikute teatatud teadlikud otsustusajad olid märgatavalt lühemad Libeti et al. (1983) katseisikute otsustusaegadest. Libeti et al. (1983) langetasid katseisikud otsuse keskmiselt 200 ms enne liigutuse tegemist, valdav enamus meie katseisikuid teatasid otsustusaegasid, mis olid tublisti alla 200 ms, kohati isegi alla 50 ms. Kuna on väga ebatõenäoline, et otsuse langetamisele järgneb liigutus juba 50 ms jooksul, siis tuleb eeldada, et osad meie katseisikutest said ülesandest valesti aru – tõenäoliselt ei teatanud nemad mitte seda kellaaega, millal nad otsuse langetasid, vaid teatasid selle aja, millal seier kellal seisma jäi. See tõdemus ei mõjuta aga meie tulemusi, kuna signifikantsed tulemused leidsime puhtalt valmisolekupotentsiaalide vahel, mis ei ole seotud katseisiku teadliku otsuse teatamisega. Siiski jääb küsitavaks, kas osade meie katseisikute vale arusaam ülesandest avaldas mõju ka nende valmisolekupotentsiaali dünaamikale. Vastuse sellele küsimusele võib leida aga ainult rohkemate andmete kogumisel.

Käitumuslikult leidsime, et aeg otsuse langetamise ja nupuvajutuse vahel muutus katse jooksul lühemaks. Selleks võib olla kaks põhjust. Esiteks on võimalik, et katseisikud muutusid ülesandes järjest vilunumaks ja protsess otsuse langetamisest nupuvajutuseni kulges järjest kiiremini. Teisalt on aga võimalik, et antud tulemuse põhjustas väsimus ning võib-olla lasid katseisikud ennast mõjutada salientsest lõpuhetkest, millal seier seisma jäi ning ei suutnud enam kontsentreeruda sellele, millal neil otsus tekkis.

Kõige olulisem tulemus käesolevas töös on see, et valmisolekupotentsiaali algusaega on tõepoolest võimalik teadlikult ja tahtlikult muuta. Selline tulemus ilmnes aga ainult teises katseisikute grupis, kes esimeses katsepooles oma otsust varjata püüdsid. Põhjus, miks see nii võis olla on see, et kui esimeses grupis inimesed hakkavad alguses naiivselt ülesannet lahendama, harjutavad nad endale teatud viisi külge, kuidas nad harjutust teevad, antud juhul



kuidas nad nupuvajutuseni jõuavad. Kui nad aga hiljem üritavad seda viisi kuidagi muuta, siis see neil ei õnnestu, kuna läbitud kordi on tehtud juba nii palju, et neil on raske harjumust muuta. Samas võib olla põhjus ka selles, et katseisikud, kes kõigepealt pidid oma otsust varjama, proovivad teises katsepooles oma vaba valikut hoopis ilmselgemaks teha, üritavad seda rohkem väljendada. Igal juhul on tähtis tõdeda, et kuigi me veel ei saa täpset põhjust öelda, miks see nii on – kas see on harjumusefekt või on seal midagi muud – on selge, et inimesel on võimalik valmisolekupotentsiaali mõjutada. Samas on oluline ära märkida, et vaatamata võimalusele potentsiaali *mõjutada*, on enamasti võimatu seda täielikult *varjata* või *välistada*.

Nii nagu ka Libeti (1985) “vetostamise” tulemus näitas, siis meie intuitiivne arusaam vabast tahtest ei ole eranditult illusoorne; vabal tahtel ikkagi on roll. Ka meie tulemused näitasid, et negatiivne valmisolekupotentsiaal, mida paljud tahavad tõlgendada kui seda protsessi, mis meie eest on otsuse juba langetanud ja mis toimib oma automaatsel moel enne kui me sellest otsusest teadlikuks saame, on ainult marker, mille väljendumist saab mõjutada teadliku vaimse tegevusega. Ei pea olema tingimata nii, et ettevalmistus toiminguks on lõplik, inimesel on võimalik seda muuta. Valmisolekupotentsiaal on kindlasti üks hea marker erinevate kavatsuste uurimiseks. Siiski oleme veel kaugel sellest, et mõista täielikult protsesse, mis viivad otsuste langetamiseni ning vaba tahte rolli selles.

**KIRJANDUSE LOETELU**

- Aru, J., Bachmann, T. (2009). *Tähelepanu ja teadvus*. Lisa 2. Benjamin Libeti eksperimendid.
- Deecke, K., P. Scheid, H. H. Kornhuber. (1969). *Distribution of Readiness Potential, Pre-motion Positivity, and Motor Potential of the Human Cerebral Cortex Preceding Voluntary Finger Movements*. Experimental Brain Research, Volume 7, pp 158-168.
- Descartes, R. (1641). *Meditations on First Philosophy*.
- Haggard, P. (2011). *Decision Time for Free Will*. Neuron, Volume 69, Issue 3, pp 404-406.
- Haggard, P., Libet, B. (2001). *Conscious Intention and Brain Activity*. Journal of Consciousness Studies, Volume 8, No. 11, pp. 47–63.
- Hallett, M. (2007) *Volitional control of movement: the physiology of free will*. Clinical Neurophysiology, 118, 1179–1192.
- Haynes, J.-D., C. S. Soon, C. M. Brass, H.-J. Heinze. (2008). *Unconscious determinants of free decisions in the human brain*. Nature Neuroscience, Advance Online Publication.
- Hume, D. (1748). *An Enquiry Concerning Human Understanding*.
- Libet, B. (1985). Unconscious cerebral initiative and the role of conscious will in voluntary action, Behavioral and Brain Sciences, Volume 8, pp. 529–566.
- Libet, B., Gleason, C. A., Wright, E. W., Pearl, D. K. (1983). *Time of Conscious Intention to Act in Relation to Onset of Cerebral Activity (readiness-potential). The Unconscious Initiation of Freely Voluntary Act*. Brain, A Journal of Neurology, Volume 106, No. 3, pp. 623-642.
- Luck, S. J. (2005). *An Introduction to the Event-Related Potential Technique*. The MIT Press: London.
- Matsushashi, M., & Hallett, M. (2008). *The timing of the conscious intention to move*. European Journal of Neuroscience, 28, 2344-2351.
- Mele, A. R. (2008). John Baer, James C. Kaufman & Roy F. Baumeister. ed. "Psychology and free will: A commentary". *Are we free? Psychology and free will*. New York: Oxford University Press.
- Smith, K. (2011). *Neuroscience vs philosophy: Taking aim at free will*. Nature 477, 23-25.

**Lisa 1. Informeeritud nõusoleku leht****Informeeritud nõusoleku leht*****Töö teema: Otsuste langetamise neuronaaalsed korrelaadid, mõõdetuna EEG-ga.***

Elektroentsefalograafia seade (EEG) võimaldab mõõta muutusi aju bioelektrilises aktiivsuses. EEG-seadme abil saadakse informatsiooni kesknärvisüsteemi füsioloogiliste seisundite tundmaõppimiseks. Käesoleva uurimuse eesmärgiks on täpsustada otsuste langetamise neuronaaalseid korrelaate, kasutades selleks liikuva kella ülesannet ja elektroentsefalograafiat (EEG). Meetodid kuuluvad maailmas palju kordi läbi viidud ja valideeritud meetodikate hulka ning aparatuur vastab rahvusvahelistele nõuetele selliste eksperimentide läbiviimiseks. Kõik eksperimendid viiakse läbi Eesti Käitumis- ja Terviseteaduste Keskuse taju ja teadvuse uurimisrühma Kognitiivse psühholoogia laboris (Teatri väljak 3, Tallinn 10143).

***Uuritavate valik***

Uuritavateks võetakse vabatahtlikud, kes **vastavad** järgnevatele **tingimustele**:

- 1) Isik on täisealine
- 2) Isik on terve
- 3) Isik on normaalse või normaalseks korrigeeritud nägemisega (st. vajadusel kannab prille või kontaktläätsesid)

**NB! Uuringus osalemine on vabatahtlik ning Teil on lubatud ükskõik mis hetkel eksperimendis osalemisest loobuda või eksperiment katkestada.**

**Uuringute käigus kogutud andmeid ei avaldata uuritava loata isikut tuvastada võimaldaval kujul mitte kellelegi väljaspool uurijateringi.**

**Uuritava poolne kinnitus**

Mind, ....., on informeeritud uuringust „*Otsuste langetamise neuronaaalsed korrelaadid, mõõdetuna EEG-ga.*” ning ma olen teadlik läbiviidava uurimistöö eesmärgist, uuringu meetodikast ja uuringuga seotud võimalikest kahjuohtudest ja kinnitan oma nõusolekut selles osalemiseks allkirjaga.

Allkiri:

Tean, et uuringute käigus tekkivate küsimuste ja võimalike tervisehäirete kohta saan mulle vajalikku täiendavat informatsiooni uuringu teostajalt:

**Talis Bachmann**

TÜ Õigusinstituudi professor, Eesti Käitumis- ja Terviseteaduste Keskuse nõukogu liige, taju ja teadvuse rühma juht

*Kontakt:* TÜ Õigusinstituut, Kaarli pst 3, tel 6271891, e-post: talis.bachmann@ut.ee

Uuritava allkiri ja kuupäev ..... „ ..... 20\_\_.

Uuritavale informatsiooni andnud isiku nimi/allkiri:.....

Kuupäev: „ ..... 20\_\_.

Käesolevaga kinnitan, et olen korrektselt viidanud kõigile oma töös kasutatud teiste autorite poolt loodud kirjalikele töödele, lausetele, mõtetele, ideedele või andmetele.

Olen nõus oma töö avaldamisega Tartu Ülikooli digitaalarhiivis DSpace.

Liine Jänes